



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique**



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques
et sciences Agronomiques
Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Thème

Synthèse des travaux réalisés sur l'impact des hydrocarbures sur les propriétés physico-chimiques du sol de quelques stations-services (Tizi-Ouzou)

**Présenté par : M^{elle} Serrafi Lydia
M^{elle} Sahridj Naouel**

Devant le jury composé de :

M ^{me} Sadoudi D.	Professeur (UMMTO)	Promotrice
M ^{elle} Ali Ahmed S.	MAA (UMMTO)	Présidente
M ^{me} Chibane G.	MAB (UMMTO)	Examinatrice

Promotion 2019/2020

REMERCIEMENTS

Nous tenons d'abord à remercier infiniment notre enseignante promotrice Mme Sadoudi-Ali Ahmed Djamilia : Toutes les lettres, tous les mots, voire toutes les phrases nous seront insuffisants pour vous exprimer notre profonde gratitude.

Nous tenons à remercier Mr Fellag pour son aide à la réalisation de notre travail.

Nous remercions aussi les membres du jury, M^{elle} Ali ahmed Samira et m^{me} Chibane Gouraya, qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Qu'il nous soit permis de remercier tous les enseignants des départements des sciences biologiques et agronomiques qui ont assuré notre formation.

Nous remercions également le personnel de la bibliothèque.

DEDICACES

*Avant tout je remercie **ALLAH** pour le tout.*

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, et leur soutien moral,

A mes sœurs frère :

Manel, Nassima et Mohamed-Amine

A tous mes ami(e)s spécialement Keddache Houda, pour leur appui tout au long de mon parcours universitaire notamment mes camarades de classe auxquels je souhaite la réussite et le bonheur.

A mes collègues de travail Nabila et Taoues ainsi que mon patron Mr Kabiche.

A tous les enseignants(e) et les étudiants(e) de la promotion biodiversité et environnement

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,
Merci d'être toujours là pour moi.*

SAHRIDJ Naouel

DEDICACES

Avant tout je remercie ALLAH pour tout.

Je dédie ce modeste travail

*A mes très chers parents maman et papa sources de tendresse et de
force et de courage*

*Je vous remercie d'être toujours à mes coté de me soutenir,
me Protéger et pour tous ce que vous avez fait pour moi.*

A mes chers sœurs et frère :

Radia , Nadia et Youcef-Amir

A mon fiancé Faycel

A toute la famille SERRAJI

*A tous les enseignants(e) et les étudiants(e) de la promotion
biodiversité et environnement*

SERRAJI Lydia

Liste des figures

Figure 1 : Classification générale des hydrocarbures (Blanchi et <i>al.</i> , 1989)	06
Figure 2 : Devenir des hydrocarbures (Perronet, 2017)	08
Figure 3 : Schéma de la méthode d'échantillonnage effectuée (Aumar et Sediri, 2018)	17

Liste des tableaux

Tableau I : Les différents travaux synthétisés	11
Tableau II : Tableau récapitulatif des résultats obtenu par Lamiri et Neqlioui (2017).....	14
Tableau III : Tableau récapitulatif des résultats obtenu par Saad et Dnedani (2017)	15
Tableau IV: Synthèse des résultats obtenu par Chikhaoui et Hettak (2019)	16
Tableau V: Synthèse des résultats obtenu par Aumar et Sediri (2018)	19
Tableau VI: Synthèse des résultats obtenu par Khimeche et Oudai (2019)	20
Tableau VII : Tableau récapitulatif des propriétés étudiées.....	21
Tableau VIII : Tableau récapitulatif des résultats de tous les travaux.....	22

Liste des abréviations

A : Argile

CO: Carbone Organique

CT : Calcaire total

G : Granulométrie

H : Humidité

HC : Hydrocarbure

INRF : Institut national de la Recherche Forestière

L : limon

MO: Matière organique

MO : Micro-organismes

ONM : Office National de Météorologie

P: Perméabilité

S: Sable

SS: Sels soluble

T : Température

THC: Teneur en hydrocarbures

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Généralités sur le sol	3
1. Définition	3
2. Origine et constituants du sol	3
3. Propriétés du sol	4
II. Généralités sur les hydrocarbures	5
1. Définition.....	5
2. Source et classification des hydrocarbures.....	6
3. Propriétés physico-chimiques des hydrocarbures	6
4. Devenir des hydrocarbures dans le sol	7
5. Effets des hydrocarbures.....	8
5.1. Effets des hydrocarbures	8
5.2. Effets des hydrocarbures sur les propriétés du sol	9
5.3. Effets des hydrocarbures sur l'environnement	10
5.4. Effets des hydrocarbures sur la santé humaine	10
Chapitre II : Synthèse des différents travaux réalisés sur l'impact des hydrocarbures sur le sol à Tizi-Ouzou	
1. Description des régions d'études	11
1.1. Fréha	11
1.2. Idjeur	11
1.3. Yakourene.....	11
1.4. Ouadhia	12
2. Le climat	12
3. Etude réalisé par Lamiri et Nezlioui (2017)	12
4. Etude réalisé par Saad et Dendani (2017).....	14
5. Etude réalisé par Chikhaoui et Hettak (2019)	16
6. Etude réalisé par Aumar et Sediri (2018)	17
7. Etude réalisé par Khimeche et Oudai (2019)	19

8. Synthèse des résultats des différents travaux	21
Conclusion générale.....	26
Références bibliographiques	27

Introduction

Introduction générale

Présent sur toute la surface des terres émergées (à différents niveaux d'évolution), le sol est le support de toutes les activités humaines et aussi un support fondamental pour l'expression d'une partie du vivant. C'est un important réservoir énergétique pour les végétaux autotrophes qui y trouvent la source nécessaire pour se développer. C'est pourquoi la pollution du sol est une problématique d'actualité et elle résulte des diverses activités humaines (industrielles, agricole, etc.) cumulées au fil du temps. Cette pollution a été ignorée jusqu'à une époque relativement récente en raison de ses conséquences sanitaires, environnementales et socio-économiques (Jouannin, 2004).

Parmi les éléments qui polluent les sols on peut citer les hydrocarbures (appelés « or noir »). Ces derniers ont audacieusement changé notre mode de vie au point où certaines de nos activités découlent de leur utilisation. Les hydrocarbures constituent généralement les principaux contaminants à la fois pour les écosystèmes aquatiques et terrestres. La contamination de la terre passe souvent inaperçue par rapport à celle qui se produit en mer à cause de l'aspect insolite des hydrocarbures et de la quantité répandue. Ce sont des polluants ubiquitaires. Ils sont hydrophobes et dont la persistance dans les écosystèmes est principalement due à leur faible solubilité aqueuse. En raison de leurs potentialités toxiques, mutagènes et cancérigènes, certains d'entre eux sont considérés comme des substances dangereuses (Hassaine, 2016). Ils sont susceptibles d'une bioaccumulation dans les chaînes alimentaires, en présentant des toxicités pour le végétal, l'animal et des risques pour la santé humaine (Soltani, 2004).

La problématique de la contamination des sites réside dans la difficulté de leur traitement qui est complexe du point de vue scientifique, technique et financier. Une première étape consiste en l'identification de la pollution, de son ampleur et de sa répartition sur le site, y compris dans la nappe. En effet, la présence des polluants dans les sols qui est problématique, mais le fait que cette pollution soit mobilisable et donc qu'elle risque d'affecter les populations (Jouannin, 2004).

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, certaines études ont porté sur l'effet des hydrocarbures sur les propriétés physiques et chimiques du sol, tels que les travaux de Lamiri et Nezlioui (2017), Saad et Dendani (2017), Aumar et Sediri (2018), Chikhaoui et Hettak (2019) et Khimeche et Oudai (2019). Des travaux similaires ont été réalisés à

Introduction générale

Constantine tel que celui de Fadel et *al.* (2017) et en moldavie tel que celui de Juc et *al.*(1997) en Moldavie. Ces auteurs ont montré que ce sont les horizons profonds qui accumulent le plus d'hydrocarbures.

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressées à la pollution du sol par les hydrocarbures. Le travail que nous avons réalisé consiste à faire une synthèse de quelques travaux réalisés dans la wilaya de Tizi-Ouzou afin de mieux comprendre les effets des hydrocarbures (essence et gasoil) sur quelques propriétés physiques et chimiques du sol, selon un gradient de pollution. Le présent travail se subdivise en deux chapitres :

-Le premier chapitre consiste en une revue bibliographique sur le sol, sa pollution par les hydrocarbures et les effets éco toxicologiques de ces derniers.

-Le second chapitre présente les différentes zones d'études et la synthèse des travaux réalisés à Tizi-Ouzou.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale et quelques perspectives de recherche.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Le sol

1. Définition du sol

Le sol est un milieu vivant, complexe, dynamique et en évolution constante sous l'effet de différents paramètres tels que le climat, la topographie, la végétation et l'action de l'homme (Girard et *al.*, 2005).

Il est composé de débris de roches, de grains de sable, d'argile et de débris de plantes et d'animaux morts. Entre ces éléments, il y a plus ou moins d'espaces où circulent l'air et l'eau et où vivent une multitude d'êtres vivants (Gobat et *al.*, 2010).

Selon Edlor (2007), le sol est un système hétérogène et dynamique, principalement composé de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants.

2. Origine et constituants du sol

Le sol résulte de l'union de la matière minérale provenant de la roche mère décomposée en argiles et de la matière organique fraîche provenant des débris organiques décomposés en humus. La croissance et l'évolution des sols se font à des vitesses variables selon les zones climatiques (Baize, 1989).

Le sol est constitué d'un mélange de plusieurs phases (solide, liquide et gazeuse), ce qui forme un système polyphasique (Gobat et *al.*, 2010)

- Phase liquide : appelée aussi solution du sol, elle est constituée principalement d'eau, dans laquelle se trouvent diverses substances minérales et organiques qui peuvent être dissoutes ou bien des particules en suspension. La composition de la solution du sol varie selon le climat, l'apport anthropique (les fertilisants) et l'activité biologique du sol (Gobat et *al.*, 2010).
- Phase solide : Elle est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportions variables. On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide, puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquides (Gobat et *al.*, 2010).
- Phase gazeuse : elle occupe les pores du sol, elle a une composition voisine de celle de l'air mais elle peut être très variable dans l'espace et dans le temps. Elle dépend principalement de deux facteurs ; la profondeur dans le sol et l'activité biologique (Calvet, 2003).

3. Propriétés du sol

3.1. Propriétés physiques

- La texture : elle indique l'abondance relative dans le sol de particules de dimensions variées. Elle se traduit, de manière générale, par la composition granulométrique du sol, celle-ci dépend de la circulation de l'eau et de l'air dans le sol (Koller, 2004).
- La structure : elle se définit comme le mode d'assemblage et d'arrangement des différentes particules solides du sol et la formation d'agrégats. La stabilité structurale du sol dépend de la matière organique (Sharma et Reddy, 2004).
- La porosité : elle peut être définie par l'ensemble des vides que comporte un horizon. La porosité d'un sol est une grandeur physique qui exprime le rapport entre le volume occupé par les pores et son volume total (Mathieu et Pieltain, 1998). Cette porosité permet l'aération et la perméabilité du sol, elle est de l'ordre de 50 à 70%. Lorsqu'elle est inférieure ou égale à 40% on peut estimer qu'on a affaire à un sol tassé.
- La perméabilité du sol : elle dépend de la structure, de la texture et de la porosité du sol. Elle correspond à la capacité du sol à laisser passer l'eau vers les couches inférieures (Koller, 2004).
- La température : c'est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et de froid. Sa mesure est superficielle pour la majorité des représentants de la faune du sol, et chaque espèce a sa température préférentielle (Gobat et *al.*, 2003).
- L'humidité : c'est la quantité d'eau que le sol contient. Elle dépend de la qualité du sol (texture, structure) et de sa capacité à retenir l'eau (Dajoz, 2000).

3.2. Propriétés chimiques

- Potentiel d'hydrogène: il est défini comme étant une mesure de l'acidité ou l'alcalinité du sol. Le pH varie de 0 à 14 (Mathieu et Pieltain, 2003).
- Capacité d'échange cationique : c'est la somme maximale de cations que le sol est capable de fixer sur son complexe adsorbant. La CEC est utilisée comme mesure de la fertilité d'un sol et elle est relativement stable dans un sol puisqu'elle dépend de la texture ainsi que du taux de la matière organique (Gobat et *al.*, 2003).
- Matière organique : elle est composée de débris végétaux de toute nature (feuilles, rameaux mort) qui tombent sur le sol et de débris d'animaux qui sont décomposés rapidement par l'activité biologique (Mathieu et Pieltain, 2003).
- Calcaire: Les sols calcaires sont ceux qui contiennent du carbonate de calcium (plus éventuellement d'autres carbonates) dans la terre fine, et même dans la fraction grossière. Il

peut se trouver dans le sol à l'état de fragments de dimension quelconque depuis les blocs et les graviers jusqu'à la taille des colloïdes argileux (Mathieu et Pieltain, 2003).

- Azote total : Il constitue la réserve globale d'azote contenue dans l'humus et dont la rapidité de mobilisation est très variable suivant le type d'humus (Mull, Moder, Mor). La teneur en azote total est un bon indice de fertilité à condition d'être interprété en fonction du rapport C/N (Mathieu et Pieltain, 2003).

3.3. Propriétés biologiques

La présence d'êtres vivants est synonyme d'activité biologique, c'est le moteur interne de la formation du sol. L'activité biologique du sol joue un rôle essentiel dans la décomposition de la MO, la fixation de l'azote et le processus de recyclage des éléments minéraux (Gobat *et al.*, 2003).

Les microorganismes du sol sont largement hétérotrophes et pour se multiplier, ils dépendent d'une source de matière organique (Chantigny, 2005).

II. Hydrocarbures

1. Définition : Les hydrocarbures, ou huiles minérales regroupent différents produits pétroliers. Ce sont des composés organiques qui contiennent des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H). Leur formule brute est C_nH_m (Lemière *et al.*, 2001).

2. Source et classification des hydrocarbures

2.1. Source des hydrocarbures

Les HC sont principalement d'origine naturelle, mais peuvent être d'origine anthropique. La principale source naturelle des hydrocarbures est constituée de ressources fossiles telles que le pétrole et le gaz naturel. Ils proviennent de la décomposition d'une grande quantité de MO coincée entre deux couches sédimentaires (Battaz, 2009).

2.2. Classification des hydrocarbures

Selon Franennec *et al.*, (1998), Colin(2000), Soltani (2004) et Picot et Montandon (2013), les hydrocarbures se divisent en plusieurs familles chimiques selon leur structure. Toutes ces structures sont basées sur la tétravalence du carbone. On distingue deux grandes familles présentées dans la figure 1.

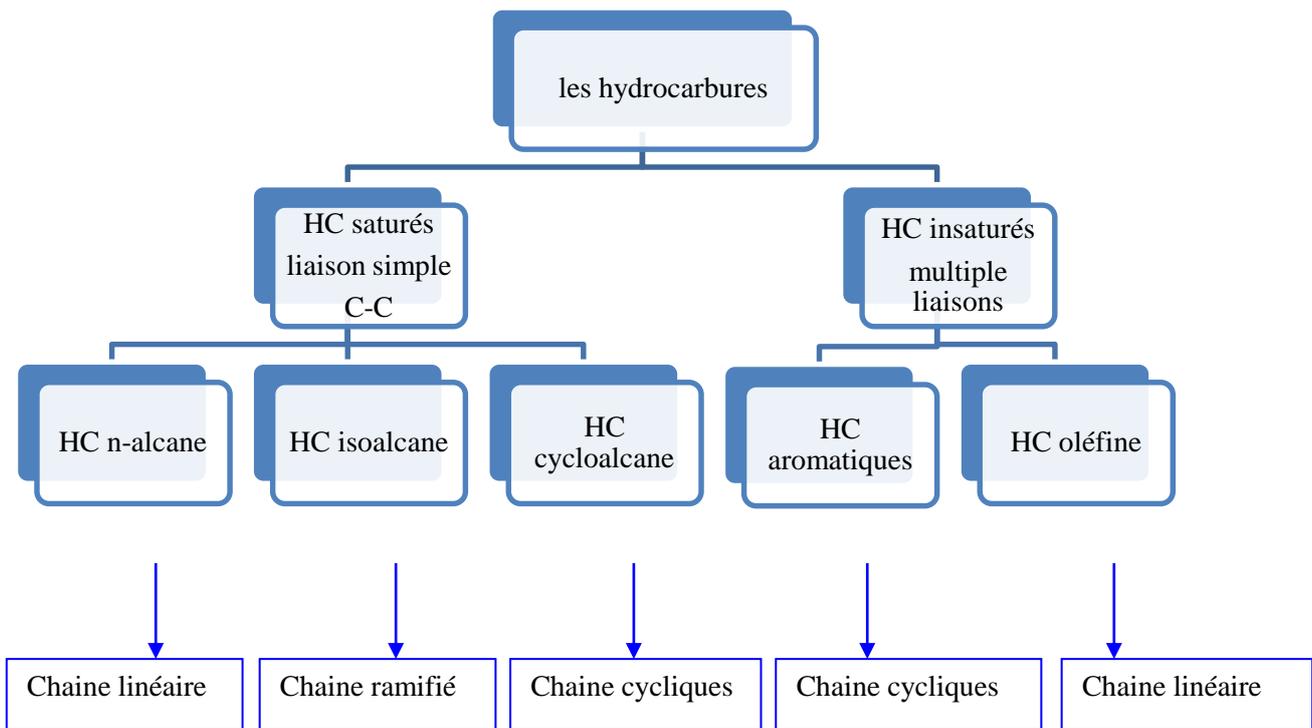


Figure 1 : Classification des hydrocarbures (Blanchi *et al.*, 1989).

3. Propriétés physico- chimiques des hydrocarbures

Afin de déduire le comportement des HC dans l'environnement, on doit d'abord connaître leurs propriétés physico-chimiques (Harnois, 2001) qui sont :

- Densité : La plupart des hydrocarbures sont plus légers que l'eau ($d < 1$). La densité d'un hydrocarbure déterminera sa capacité à flotter, sa tendance à se volatiliser et sa fluidité (Lemière *et al.*, 2008). Les ramifications ont peu d'influence sur la densité (Hassaine, 2016).
- Viscosité : Elle est représentée par la résistance à l'écoulement. Cela veut dire que les hydrocarbures à haute viscosité s'écoulent difficilement. Par contre les autres sont très fluides (Hassaine, 2016).
- Point d'écoulement : C'est la température en dessous de laquelle un produit se comporte comme un solide (Lemière *et al.*, 2001). La majorité des hydrocarbures a un point d'écoulement inférieur à 0°C. Quand ce point est atteint, l'hydrocarbure commence à se solidifier. Il s'exprime en °F ou °C (Hassaine, 2016).
- Solubilité : c'est la capacité d'une molécule organique à se dissoudre dans l'eau. En général, les HC ont une faible solubilité (Lemière *et al.*, 2001).

4. Devenir des hydrocarbures

Le devenir des HC dans le sol et les possibilités d'atteindre les nappes phréatiques ou les eaux de surface dépendent du régime des précipitations, de la nature du sol, de la température, etc. Les HC sont transférés ou éliminés par différents processus (figure 2) :

- La mobilité : c'est la capacité d'un produit à se déplacer d'un compartiment à un autre de l'environnement (Ali Ahmed, 2011). La mobilité de l'HC d'un compartiment à un autre augmente quand la solubilité de celui-ci dans l'eau est élevée (Saada *et al.*, 2005).
- La rétention : c'est la capacité qu'a un corps solide à retenir les molécule d'un autre corps (Saada *et al.*, 2005). Elle est influencée par plusieurs paramètres tels que la solubilité du polluant, sa structure moléculaire et les propriétés du sol. Tous les polluants retenus sont à l'origine de toutes contaminations futures.
- La transformation : Il peut s'agir d'un phénomène biologique, lorsqu'elle fait intervenir la matière vivante, c'est-à-dire le mécanisme de biodégradation qui consiste à transformer un produit en sous-produit par l'action des micro-organismes. Lorsqu'il s'agit du phénomène non biologique, celle-ci regroupe toutes les réactions de réduction et d'oxydation se déroulant dans le sol qui conduisent à l'altération du polluant (Saada *et al.*, 2005).
- La volatilisation (évaporation) : ce phénomène touche les fractions légères et dépend des conditions atmosphériques. Autrement dit, les hydrocarbures légers sont les plus concernés. Ils sont éliminés rapidement dès les premiers jours mais peuvent conduire à une pollution de l'atmosphère (Soltani, 2004).

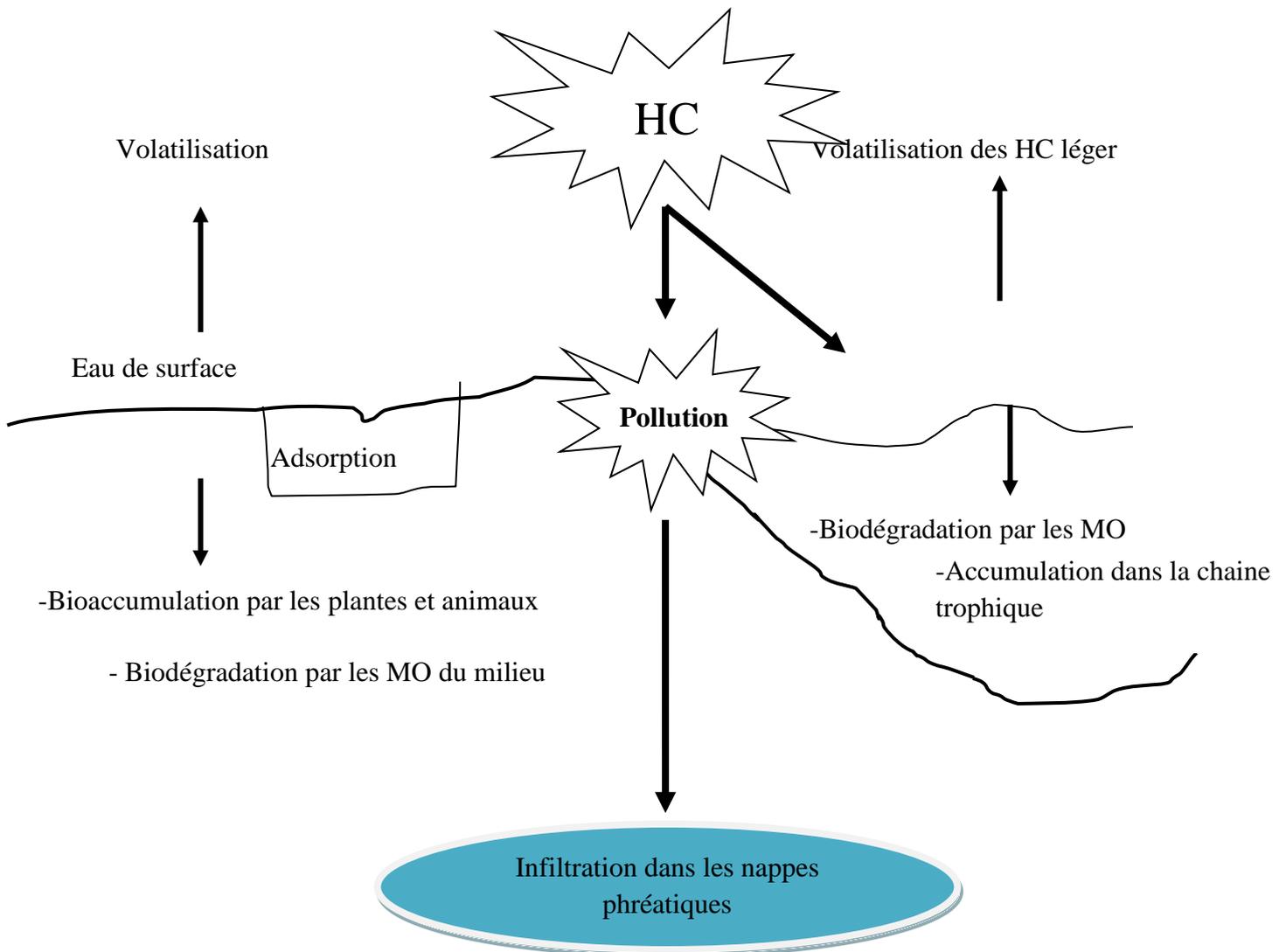


Figure 2 : Devenir des hydrocarbures (Perronet, 2017), modifiée.

5. Effets des hydrocarbures sur le sol

De nos jours, l'environnement est rarement propre. Sa pureté est définie par rapport aux normes fixées par les législations. D'une manière générale, les dangers présentés par les hydrocarbures sont le risque d'incendie et d'explosion ainsi que la toxicité.

5.1. Effet des hydrocarbures

La pollution par les hydrocarbures pose d'importants problèmes dans l'environnement, vis-à-vis des microorganismes, des plantes, des animaux et de la santé humaine.

Du fait de leur caractère lipophile, ces polluants ont une tendance à la bioaccumulation via les réseaux trophiques (Fent, 2004). Les principaux effets toxiques sont la génotoxicité (altération de l'ADN), la cancérogénéicité et la tératogénéicité (altération du développement de l'embryon) (Spencer et *al.*, 2002).

Les HC ont d'autres effets toxiques tel que la perturbation du système endocrinien et donc de la reproduction, du système immunitaire, du comportement, etc. La toxicité des hydrocarbures peut être aiguë ou chronique selon le composé considéré. Au vu des concentrations auxquelles sont exposées les populations, les risques toxiques qui leur sont associés, sont généralement liés à une exposition chronique. On doit confirmer aussi que la population est généralement exposée à un mélange d'hydrocarbures et la principale source d'exposition est l'alimentation (OMS, 2000).

5.2. Effets des hydrocarbures sur les propriétés du sol

Les études concernant les effets des hydrocarbures sur les propriétés physiques et chimiques d'un sol sont très limitées. Cependant, Mettauer et ses collaborateurs (1987) soutiennent l'idée que la présence des hydrocarbures améliore la stabilité structurale d'un sol, accroît sa rétention en eau et réduit sa mouillabilité.

Selon Chaineau et ses collaborateurs (1996), les effets des hydrocarbures sur les propriétés chimiques du sol consistent généralement en :

- une augmentation de la concentration en éléments traces tels que le Manganèse, le Zinc (Zn), le Fer (Fe) et le Plomb (Pb) ;
 - une diminution de la teneur en quelques sels minéraux tels que le phosphore (P) et le potassium(K), et une augmentation en carbone organique total (C) ;
 - une augmentation de la CE entraînant l'inhibition de certaines plantes très sensibles à la présence de sels.
 - une diminution du pH du sol, par conséquent, une légère acidification du sol (2 à 3 dixième) qui traduit, sans doute, l'apparition de faibles quantités d'acides résultant soit de l'oxydation des n-alcanes, soit de celle de composés provenant de la rupture du noyau aromatique (Bergue et Mérienne, 1986).
- L'azote organique augmente de façon continue dans les parcelles fertilisées. Cet enrichissement est la conséquence du déséquilibre carboné provoqué par l'apport

d'hydrocarbures (le rapport C /N voisin de 45). Il traduit l'activité d'une microflore capable de métaboliser les déchets hydrocarbonés en utilisant une source d'azote autre que celle des réserves insuffisantes du sol (Rouquerol *et al.*, 1987).

Selon Duchaufour (1991), les effets des hydrocarbures sur l'activité biologique du sol dépendent de leur nature, de leur concentration dans le sol et d'autres facteurs liés au milieu. La présence des polluants dans le sol exerce une action défavorable sur les décomposeurs contribuant ainsi à perturber les cycles des éléments (Ramade, 1992).

5.3. Effet des hydrocarbures sur l'environnement

Les HC constituent un danger pour l'environnement du fait qu'un déversement de ceux-ci peut affecter les écosystèmes. Ils peuvent avoir des effets dévastateurs, affectant les écologies marines et côtières, et ne sont pas faciles à enlever. Les conditions météorologiques affectent le mouvement des déversements des hydrocarbures, ce qui les rend imprévisibles. Selon Fettal (2008), l'évolution des hydrocarbures dans le sol entraîne souvent une extension de la contamination soit par voie aérienne ou bien par voie souterraine pour atteindre les nappes phréatiques.

5.4. Effet des hydrocarbures sur la santé humaine

Il existe très peu d'études sur la toxicité des hydrocarbures vis-à-vis de l'homme. La plupart ont été menées sur des animaux, ce qui pose un problème d'extrapolation.

A court terme, les hydrocarbures dessèchent la peau et peuvent provoquer des dermatoses et des eczémas par obturation des pores (Fettal, 2008). A long terme, les hydrocarbures, en particulier les hydrocarbures aromatiques, peuvent favoriser le cancer de la peau à la suite de contacts prolongés avec cette dernière (Pranudda, 2014).

Chapitre II

Effets des hydrocarbures sur les propriétés
physico-chimiques du sol des stations-
services

La présente étude consiste à faire une synthèse bibliographique des différents travaux déjà réalisés sur l'effet des hydrocarbures sur les propriétés physiques et chimiques du sol. Tous ces travaux sont réalisés dans différentes stations-services de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Dans ce travail nous avons synthétisé les travaux réalisés dans la wilaya de Tiz-Ouzou (tableau I)

Tableau I: Différents travaux synthétisés

Auteurs	Région	Année
Lamiri et Nezlioui	Fréha	2017
Saad et Dendani	Fréha	2017
Chikhaoui et Hettak	Fréha	2019
Aumar et Sediri	Fréha et Idjeur	2018
Khimeche et Oudai	Yakourene et Ouadhia	2019

1. Description des régions d'études

1.1. Fréha

C'est une commune caractérisée par sa topographie qui alterne entre un relief de colline et de plaine. C'est une région agricole caractérisée par des formations herbacées dominées par les graminées, les cultures fruitières, les cultures maraichères ainsi que les cultures céréalières et fourragères (Nemmer, 2015).

1.2. Idjeur

Cette région est caractérisée par des pentes et montagnes relativement moyennes. Concernant la végétation, elle est caractérisée par la dominance des forêts denses de chêne zeen, chêne liège et chêne afarès (Nemmer, 2015).

1.3. Yakourene

Ce site est caractérisé par une forêt dense caractérisée par la prédominance des hémicryptophytes, des thérophytes, des forêts de chêne et par la dominance d'espèces d'origine méditerranéenne (Nemmer, 2015).

1.4. Ouadhia

Cette région est caractérisée par le réseau hydrographique d'Ouadhia qui est notamment représenté par les cours d'eau. Ouadhia est un territoire agricole avec des forêts légèrement denses dominées par le chêne zeen, le chêne liège et l'olivier (Nemmer, 2015).

2. Le climat

Selon l'O.N.M, le climat des différentes régions d'études est méditerranéen de type continental, avec des hivers très froids et des étés très chauds. La période sèche s'étale sur quatre mois, de fin mai à fin septembre. La période humide s'étale de fin septembre à fin mai.

3. Etude réalisé par Lamiri et Nezlioui (2017)

L'étude expérimentale a été réalisée par Lamiri et Nezlioui (2017), sur des échantillons de sol prélevés en une seule journée au mois d'avril. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet des carburants (hydrocarbure, essence et gasoil) sur quelques propriétés physico-chimiques du sol.

Ces hydrocarbures représentent une source potentielle de nuisances sur l'environnement et leur devenir dans le sol va dépendre de leurs caractéristiques physico-chimiques et leur comportement. Ces hydrocarbures peuvent avoir une influence estimable sur le sol et ses propriétés.

La méthode choisie dans ce travail est l'échantillonnage aléatoire. Les prélèvements sont effectués à une profondeur de 0 à 20 cm, qui représente la couche superficielle du sol (pour sa proximité de la source de pollution). Les échantillons sont prélevés de trois (3) points qui diffèrent par le degré de pollution. Ces derniers sont ensuite amenés au laboratoire afin de procéder au prétraitement.

Les échantillons du sol acheminés au laboratoire sont triés, séchés puis tamisés à l'aide d'un tamis à mailles de 2 mm. La série d'analyses physico-chimiques est réalisée sur la terre fine obtenue de chaque échantillon

Remarque : Toutes les études ont utilisé la même méthode de prétraitement.

3.1. Analyses effectuées

L'ensemble des analyses sont réalisées au niveau du laboratoire « Pathologie des écosystèmes ».

Les paramètres étudiés sont :

- pH : il est déterminé à l'aide d'un pH mètre sur une suspension aqueuse où le rapport sol/eau est de 2/5.
- Humidité hygroscopique : après le pesage du sol, il est mis dans une étuve réglée à 105°C pendant 24 heures, puis le sol est mis dans un dessiccateur et repesé encore une fois.
- Perméabilité : on soumet une colonne de sol à des conditions particulières, comme la saturation en eau et la pression constante sous eau et enfin la quantité d'eau recueillie dans une heure de temps permet de calculer le coefficient K.
- Conductivité électrique : la conductivité électrique d'une solution dépend de sa concentration en électrolytes, elle s'effectue sous le rapport (sol/eau de 2/10). Sa lecture se réalise à l'aide d'un conductimètre.
- Calcaire total : la méthode adoptée est la méthode volumétrique.
- Température : le prélèvement des valeurs de la température s'effectue directement sur le terrain à l'aide d'un thermomètre du terrain (KH-110 AO).
- Dosage des anions, à savoir les carbonates, les bicarbonates et les chlorures : cette détermination repose sur la neutralisation d'un volume de solution par un acide minéral, dilué en présence d'un indicateur coloré.

3.2. Traitement des données

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA), lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, afin de déterminer les groupes homogènes.

Remarque : toutes les études ont effectué la même méthode de traitements des données.

3.3. Résultats

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau II

Tableau II: Tableau récapitulatif des résultats obtenu par Lamiri et Nezlioui (2017)

Paramètres	résultats
Potentiel d'hydrogène	-
Conductivité électrique	-
Calcaire total	-
Humidité	+
Perméabilité	-
Sels solubles	+
Température	+

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

Les fluctuations des résultats obtenus indiquent que les HC ont engendré des modifications dans les propriétés du sol. Le tableau I montre qu'il ya des paramètres qui sont présents avec des taux élevés tels que l'humidité, la température et les sels solubles (bicarbonate et chlorure), par contre les carbonates sont totalement absents. Ces auteurs ont enregistré également une diminution progressive d'autres paramètres tels que le calcaire total, la conductivité électrique et la perméabilité, et ce, au niveau des sols très pollués.

Lamiri et Nezlioui (2017) ont conclu que les stations-services représentaient une source de pollution ponctuelle des sols. Cette étude a mis, donc, en évidence l'influence des hydrocarbures sur les propriétés physico-chimiques du sol.

4. Etude réalisé par Saad et Dendani (2017)

Ce travail a été effectué par Saad et Dendani (2017). Il a pour objectif la mise en évidence de l'effet des hydrocarbures sur les propriétés chimiques et biologiques du sol d'une station-service. Cette station-service présente un lieu de stockage des HC qui influent négativement sur le sol et l'environnement.

L'échantillonnage est effectué aléatoirement en une seule journée au mois de mars afin de garantir l'homogénéité environnementale et ne pas fausser les résultats. Trois parcelles sont délimitées et dans chacune, le prélèvement est effectué dans la couche superficielle du sol (0-20 cm) qui se situe à proximité de la source de pollution. Chaque prélèvement est répété trois fois.

Les différents paramètres sont mesurés au niveau du laboratoire de pédologie.

4.1. Analyses effectuées

En plus du pH, elles ont fait d'autres analyses qui sont:

- Le carbone organique : il est déterminé par la méthode dite de « Anne ».
- La matière organique : elle est réalisée en fonction du taux de carbone, dans le cas général en utilisant la formule suivante : $\%MO = 100/58 * \%C$.
- Le taux d'azote : la méthode employée dans cette étude est celle de Kjeldahl (1883).
- Le rapport C/N.

4.2. Résultats

Les principaux résultats obtenus sont présentés dans le tableau III.

Tableau III: Tableau récapitulatif des résultats obtenu par Saad et Dendani (2017)

Paramètre	Résultats
Potentiel d'hydrogène	-
Carbone organique	-
Azote	-
Rapport C/N	+

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

- Diminution du pH, de la MO et du CO, en se rapprochant de la source de pollution. Ces auteurs ont déduit que les hydrocarbures rejetés par ces stations-services n'influent pas sur ces paramètres,
- Sensibilité du pH, MO, CO aux hydrocarbures mais sans un véritable effet.
- Augmentation du rapport C/N, mais une diminution du taux d'azote en se rapprochant de la source de pollution, donc les HC rejetés par la station-service influent sur l'azote et le rapport C/N.

Saad et Dendani (2017) ont conclu que les HC, ont acidifié le sol légèrement, mais la matière organique et le carbone organique évoluent d'une façon très importante dans le sol. Ils ont relié ces fluctuations aux conditions défavorables dues à l'apport des HC qui sont

composés majoritairement de carbone. Cette augmentation est peut être due aussi à la toxicité des HC sur les microorganismes du sol.

5. Etude réalisé par Chikhaoui et Hettak(2019)

Les rejets des stations-services représentent une source de pollution très importante qui affecte l'environnement en générale et le sol en particulier. Hettak et Chikhaoui (2019) ont réalisé une étude portant sur l'effet des HC sur les paramètres physiques, chimiques et microbiologiques des sols au niveau de la station service de Fréha.

La méthode d'échantillonnage adoptée est le transect, qui a été fait au mois de mars. C'est un échantillonnage systématique et aléatoire c'est à dire une ligne virtuelle ou physique utilisée pour étudier un phénomène. Elles ont pris trois transects et chaque'un est subdivisé à son tour en quatre strates selon le gradient de pollution, chaque strate est séparée de l'autre d'un mètre de distance. Le prélèvement du sol a été réalisé a l'aide d'un quadrat (25x25) à une profondeur de 15 cm.

5.1. Analyses effectuées

L'ensemble des analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'U.M.M.T.O de Tizi-Ouzou.

Elles ont effectué des analyses sur quelques paramètres physiques et chimiques tel que: le pH, l'humidité, la matière organique et le dosage de carbone. Les méthodes utilisées pour la mesure de ces différents paramètres sont les mêmes que ceux des deux travaux déjà cités.

5.2. Résultats

Les résultats de cette étude sont illustrés dans le tableau IV.

Tableau IV: synthèse des résultats obtenu par Chikhaoui et Hettak (2019)

Paramètre	Résultats
Potentiel d'hydrogène	-
Carbone organique	-
Humidité	-

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

Hettak et Chikhaoui (2019), constatent que le pH diminue progressivement dans les quatre strates de chaque transect. Cela indique que les hydrocarbures influent sur le pH. Le taux d'humidité diminue aussi au niveau des strates proches de la source de pollution par rapport aux autres strates, donc le taux d'humidité est influencé par les HC. Elles ont constaté également que le taux de carbone diminue au niveau des strates proches de la source de pollution. D'après ces auteurs, cette diminution est peut être expliquée par la présence de micro-organismes au niveau du sol qui ont la capacité de dégrader les HC.

Les auteurs ont conclu que les hydrocarbures influent négativement sur les paramètres mesurés.

6. Etude réalisé par Aumar et Sediri (2018)

Cette analyse est effectuée par Aumar et Sediri (2018). Elle a pour objectif de déterminer l'impact des rejets des stations-services sur les propriétés physico-chimique du sol et de faire ressortir les variations physico-chimiques des sols selon le gradient de pollution.

Le déversement des HC, présente une source de pollution qui nuit non seulement au sol mais aussi à la qualité de l'air et de l'eau. Les propriétés d'un sol peuvent être influencées, et cela dépend des caractéristiques physiques et chimiques des HC.

Aumar et Sediri (2018) ont choisi de réaliser leur étude en utilisant une méthode d'échantillonnage par transect. Cette méthode permet d'étudier les fluctuations des propriétés du sol à travers le gradient de pollution. Cette méthode d'échantillonnage est schématisée dans la figure ci-dessous

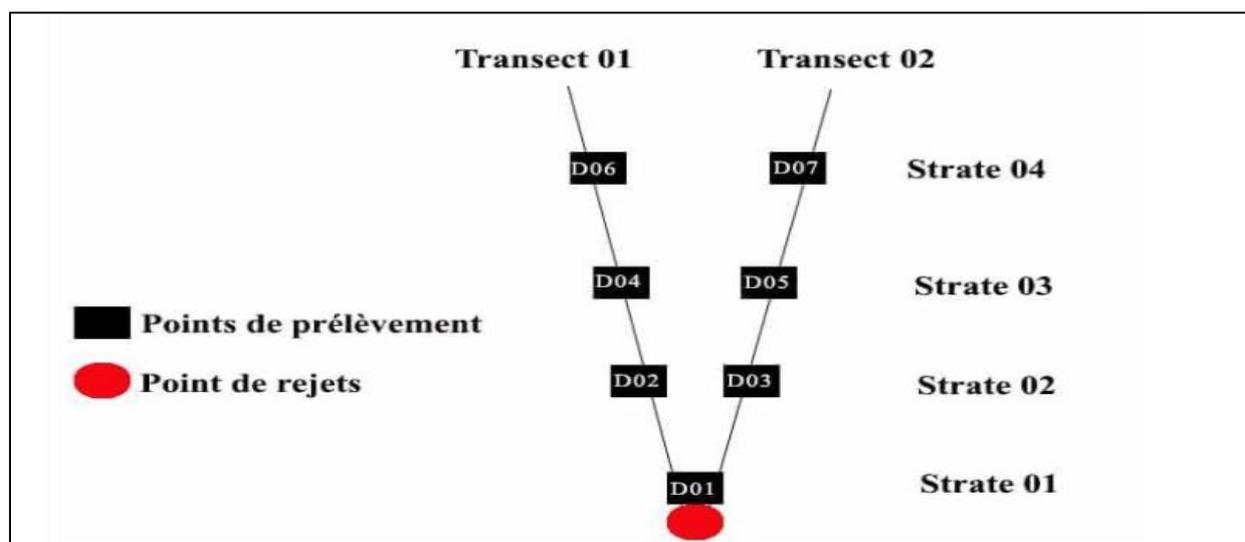


Figure 03: Schéma de la méthode d'échantillonnage par transect (Aumar et Sediri, 2018).

Pour réaliser cette méthode, le protocole suivi consiste à prélever des échantillons lorsque la pollution générée par les stations-services présente un fort gradient de pollution. Ces échantillons doivent être aussi simples et prélevés dans des espaces réguliers.

Les échantillons sont prélevés dans sept strates à distance homogène en partant du point de rejet. Le prélèvement du sol a été effectué en une seule journée.

6.1. Analyses effectuées

Les différentes analyses physico-chimiques des échantillons du sol ont été réalisées au laboratoire de l'institut national de la recherche forestière (INRF) de Bainem.

- En ce qui concerne le pH, la conductivité électrique, l'humidité, le carbone organique, le calcaire total et la matière organique, ils sont mesurés avec les mêmes méthodes que les études précédentes.
- Granulométrie : elle est réalisée par la méthode internationale qui procède par dispersion des argiles par l'hexamétaphosphate de sodium.
- Teneur en hydrocarbure : la méthode adoptée est la technique ASTM D 7678. Test standard pour le dosage des huiles totales, les graisses et les hydrocarbures pétroliers totaux avec extraction par un solvant en utilisant la spectroscopie IR (Mid-IR Laser Spectroscopy).

6.2. Résultats

Aumar et Sediri (2018) ont enregistré des valeurs très élevées des paramètres analysés au niveau des strates proches de la source de pollution. Par contre, dans les strates qui se situent loin du point de rejet, leur valeurs diminuent jusqu'aux strates non polluées. Les valeurs enregistrées dans ce travail sont synthétisés dans le tableau V.

Tableau V: synthèse des résultats obtenu par Aumar et Sediri (2018)

Paramètre	Résultats		
	Fréha	Fréha	Idjeur
Potentiel d'hydrogène	-	-	-
Conductivité électrique	-	+	+
Carbone organique	+	+	+
Calcaire total	-	+	+
Humidité	-	-	-
Teneur en hydrocarbure		+	
Granulométrie	L-S	L-S	L-A

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

Les résultats ont montré que certaines propriétés du sol ont été influencées par les rejets de ces stations-services telle que la matière organique, le taux de carbone, la teneur en hydrocarbures. D'autres propriétés n'ont pas montré des différences significatives telles que le pH, la conductivité électrique, l'humidité et le calcaire total.

En ce qui concerne les résultats de l'ACP réalisée par ces deux auteurs, il y a une corrélation positive entre la teneur en hydrocarbures totaux, le taux de carbone, le taux de matière organique, et une corrélation négative entre ces derniers et le limon.

Aumar et Sediri(2018) ont conclu que les stations-services présentent la cause la plus importante de pollution des sols par les hydrocarbures rejetés.

7. Etude réalisé par Khimeche et Oudai (2019)

Cette étude expérimentale est réalisée par Khimeche et Oudai (2019). Elle a pour objectif d'évaluer l'impact des HC sur les propriétés physiques et chimiques du sol ; cas des stations-services de Yakouren et Ouadhia.

A fin de réaliser cette étude, elles ont opté pour le prélèvement aléatoire des échantillons dans chaque station. L'échantillonnage aléatoire est effectué durant des périodes très proches pour garantir l'homogénéité environnementale. Les prélèvements sont réalisés à une profondeur de 0 à 20 cm. Les échantillons sont pris dans trois (3) points qui diffèrent

selon le degré de pollution. Ces derniers sont acheminés au laboratoire afin de procéder au prétraitement.

7.1. Analyses effectuées

L'ensemble des analyses sont effectuées au niveau des laboratoires de pédologie de l'U.M.M de Tizi-Ouzou.

Les paramètres physiques et chimiques étudiés sont le pH, l'humidité, la matière organique, le carbone organique, la conductivité électrique, le calcaire total et le dosage d'anions. Les méthodes utilisées pour la mesure de ces différents paramètres sont les mêmes avec celles des différents travaux cités précédemment.

7.2. Résultats

Les résultats de ce travail est résumé dans le tableau VI

Tableau VI: synthèse des résultats obtenu par Khimech et Oudai (2019)

Paramètre	Résultats	
	Yakourene	Ouadhia
Potentiel d'hydrogène	+	-
Conductivité électrique	+	-
Carbone organique	+	+
Calcaire total	-	-
Humidité	-	+
Sels solubles	+	+

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

D'après les résultats obtenus dans ce travail, il existe une fluctuation dans les résultats des deux stations-services. Les valeurs du pH, la conductivité électrique, le dosage d'anions, le carbone organique et la matière organique diminuent en s'éloignant de la source de pollution dans la station-service de Yakouren. Par contre, dans la station de Ouadhia, il y'a eu une augmentation du pH, du calcaire total et de la conductivité électrique.

Dans cette étude, il a été conclu que ces stations-services constituent une menace pour les caractéristiques physiques et chimiques du sol.

8. Synthèse des résultats des différents travaux

Les différentes études se sont basées sur quelques propriétés du sol, qui sont représentées dans le tableau VII.

Tableau VII : Tableau récapitulatif des propriétés étudiées.

Propriétés Etudes	Physiques	Chimiques	Biologiques	Microbiologiques
1	+	+	-	-
2	+	+	+	-
3	+	+	-	+
4	+	+	-	-
5	+	+	-	-

+ : étude effectuée

- : étude non effectuée

On souligne que les travaux 1, 2, 3, 4, 5 se sont intéressés aux effets des HC sur les propriétés physiques et chimiques. Pour la 2^{ème} étude, les auteurs se sont intéressés, en plus, aux paramètres biologiques. La 3^{ème} étude s'est intéressée, en plus des études physico-chimiques, aux propriétés microbiologiques.

L'objectif de ces travaux est de déterminer les effets des rejets des stations-services sur les propriétés du sol. Pour mieux illustrer l'ensemble des résultats obtenus à travers ces cinq études, nous proposons de les présenter sous formes synthétiques dans le tableau suivant :

Tableau VIII : Tableau récapitulatif des résultats de tous les travaux.

	Lamiri et Nezlioui	Saad et Dendani	Chikhaoui et Hettak	Aumar et Sediri		Khimeche et Oudai		
	Fréha	Fréha	Fréha	Fréha	Idjeur	Yakourene	Ouadhia	
pH	-	-	-	-	-	-	+	-
CE	-	/	/	-	+	+	+	-
CO	/	-	-	+	+	+	+	+
CT	-	/	/	-	+	+	-	-
N	/	-	/	/	/	/	/	/
C/N	/	+	/	/	/	/	/	/
H	+	/	-	-	-	-	-	+
P	-	/	/	/	/	/	/	/
THC	/	/	/	/	+	/	/	/
S.S	+	/	/	/	/	/	+	+
G	/	/	/	L-S	L-S	L-A	/	/
T	+	/	/	/	/	/	/	/

+ : augmentation du taux selon le gradient de pollution

- : diminution du taux selon le gradient de pollution

L-S : limono-sableux

L-A : limono-argileux

- Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols, car la spéciation, la mobilité et la disponibilité des éléments traces métalliques sont liées à la valeur du pH (Hlavackova, 2005). Les auteurs ont remarqués qu'il y'a une diminution dans toutes les stations-services sauf celle de Yakourene qui montre une légère augmentation selon le gradient de pollution. Des études similaires ont montré que les sols ayant des valeurs de pH élevées présentent de fortes teneurs en carbonates (Chiou et al., 1985, Moral et al., 2002, Sahnoune, 2014). Selon Bergue et al (1986), Chaîneau et al (1996), Soltani (2004), Rhbal et al (2010), la pollution par les HC a provoqué une légère acidification des sols proches de la source de pollution.
- La conductivité électrique, quant à elle, augmente dans les stations de Fréha, Idjeur et Yakouren tandis que dans les stations d'Ouadhia et Fréha, la CE diminue. Ces valeurs basses indiquent une diminution de sels solubles dans les sols (Sahnoune, 2014).

- Pour le taux de carbone organique, il diminue dans deux stations-services de Fréha (2,3) et augmente dans les autres stations-services. Le taux du CO dépend de l'activité microbienne du sol et de la pollution de ce dernier (Godwin *et al.*, 2013).
- Le taux de calcaire total diminue dans les stations de Fréha, Yakourene et Ouadhia. Par contre, dans les autres stations-services le taux de CT augmente. Selon Baize (1989), le sol passe d'un sol modérément calcaire à un sol faiblement calcaire avec l'augmentation du taux de pollution. La présence de calcaire dans la station étudiée est probablement liée au calcaire dégagé des radiateurs après lavage ou bien à cause du sable contenu dans le remblai rajouté chaque année qui contient de la chaux qui pourrait être à l'origine d'une augmentation de la teneur en calcaire.
- La mesure d'azote a été faite par une seule étude (Fréha 2), qui a montré une diminution de cet élément. Le taux d'azote dans les sols témoins est supérieur à celui trouvé dans les sols pollués, ce qui peut être expliqué par le fait que les prélèvements du sol témoin ont été effectués dans une zone agricole qui est probablement enrichie avec des apports d'engrais azotés. Les apports de la matière organique jouent un rôle important dans l'approvisionnement du sol en azote après sa minéralisation. Selon Eckford *et al.*, (2002), la contamination des sols par les HC a pour conséquences un appauvrissement en azote et en phosphore, ce qui peut limiter la biodégradation des HC par les micro-organismes.
- Pour le rapport C/N, il a été estimé dans une seule étude faite dans le sol de la station Fréha (2), qui montre une augmentation dans ce rapport. Gagnard *et al* (1988) ont classé les valeurs du rapport C/N dans trois classes qui sont :
 - un rapport inférieur à 8 est faible ;
 - un rapport de 8 à 12 est normal ;
 - un rapport supérieur à 12 est fort.Dans ce cas, le rapport C/ N est élevé même dans le sol pollué, ce qui indique que les hydrocarbures ont un effet sur ce paramètre, qui peut être dû à la teneur élevée en MO et/ou aux conditions défavorables de minéralisation de celle-ci .
- Dans les stations Fréha et Ouadhia, le taux d'humidité augmente contrairement aux autres stations-services. La teneur en eau du sol est un facteur déterminant la répartition du polluant dans les trois phases du sol (Sahnoune, 2014). Les taux d'humidité des échantillons de sol varient entre 19.3 et 19.6 %, ces valeurs dépendent des conditions climatiques au moment du prélèvement (Degrangeset *al.*, 1977). Le taux d'humidité des sols les plus pollués ont 2% d'humidité de plus que les sols non

pollués. Ces résultats convergent avec ceux de Bergue (1986) qui a rapporté que les sols pollués par les HC ont 2% d'humidité en plus que les sols non pollués.

- Le taux de la matière organique est élevé dans toutes les stations sauf dans l'étude faite dans la station de Fréha (2). La présence de la MO dans le sol est essentielle pour le développement et la croissance de la microflore, qui à son tour, peut dégrader les hydrocarbures présents dans le sol (Benyahia et Mahdaoui, 2012).
- Pour la perméabilité, elle a été mesurée dans une seule étude qui est réalisée au niveau de la station Fréha, qui indique que celle-ci diminue selon le gradient de pollution. Le sol témoin et le sol peu pollué ont une vitesse de filtration assez lente et dans le sol très pollué, la perméabilité est lente, ce qui renseigne sur la non salinité des sols (Baize, 2000). La nature des hydrocarbures qui sont des substances grasses donc hydrophobes, peut expliquer la filtration lente de l'eau dans le sol très pollué. La texture du sol influe, également, sur sa perméabilité et sur d'autres caractéristiques du sol (Sahnoune, 2014).
- La teneur en hydrocarbures totaux dans le sol montre une croissance selon le gradient de pollution, qui peut avoir des effets toxiques sur la végétation (Saadoun et Al-Ghazawi., 2010).
- Le dosage d'anions a révélé une augmentation dans les taux de chlorures et de bicarbonates en se rapprochant de la source de pollution. Il a été signalé l'absence totale de carbonate dans les sols.
- L'étude granulométrique a été effectuée dans trois stations-services : Fréha (4) et Idjeur. L'analyse a permis de constater que le sol de Fréha est un sol limono-sableux tandis que celui d'Idjeur est un sol limono-argileux. Après confrontation de ces résultats avec ceux de Dazy et *al.* (2009), les auteurs ont conclu que les hydrocarbures n'ont pas d'impact sur la granulométrie du sol.
- La température varie sur une très large gamme suivant les conditions climatiques et géographiques. Elle a un effet sur l'activité biologique des microorganismes et très sensible aux variations de la température. Le déversement des hydrocarbures dans le sol engendre l'élévation de température et cette dernière cause l'augmentation de la vitesse de la biodégradation, ce qui conduit à une diminution de l'activité métabolique (Soltani, 2004).

Globalement, les auteurs ont souligné une fluctuation des résultats entre les stations-services, ce qui peut être dû à la différence dans la nature du sol (texture, structure), et aussi aux facteurs climatiques lors des prélèvements des échantillons.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le présent travail est une synthèse de différents travaux réalisés à Tizi-Ouzou dans différentes stations-services afin de déterminer l'impact des hydrocarbures sur les propriétés du sol. Les stations-services sont l'une des causes les plus importantes de pollution des sols par les hydrocarbures dans les régions étudiées.

A la lumière des résultats obtenus dans les différents travaux, nous pouvons conclure que l'action des hydrocarbures se traduit par une modification remarquable des propriétés physico-chimiques du sol.

L'analyse pédologique dans les différents travaux a révélé une modification des propriétés dans les sols très pollués en fonction du gradient de pollution, confirmée par l'augmentation de certains paramètres tels que la température et les sels solubles (bicarbonates et chlorures) et l'augmentation progressive d'autres, dont le carbone organique, la conductivité électrique, qui ne cessent d'augmenter selon le gradient de pollution.

A partir des résultats obtenus, il est possible de caractériser de manière plus précise la qualité des sols. Pour cela, il est impératif de mener des études d'impact des hydrocarbures dans les horizons les plus profonds car il a été montré par d'autres auteurs que les horizons les plus profonds accumulent le plus d'hydrocarbures.

Aussi, il convient de préciser que les analyses physico-chimiques n'ont pas pris en compte les polluants organiques et certains métaux.

Au niveau biologique, la dépollution des sols contaminés peut se faire par des méthodes peu coûteuses telles que la bioremédiation, la phytoremédiation, la bioindication et la biodégradation, ce qui permettra de compléter les travaux effectués sur l'impact des hydrocarbures.

Il est recommandé aussi l'installation de réseaux d'assainissement aux périphéries des stations-services afin d'évacuer leur rejets vers les stations d'épuration et d'éviter leur déversement dans les sols.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Ali Ahmed S., 2011.** Essai de réhabilitation d'un sol contaminé par les hydrocarbures à l'aide de tensioactifs obtenus par voie biologique. Thèse de Magistère en science agronomique INA. Algerie . 97p.
- Aumar N. et Sediri D., 2018.** Etude des propriétés physico-chimiques des sols de deux stations-services Idjeur et Fréha. Mémoire master. UMMTO. 44p.
- Baize D., 1989.** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris. 172 p.
- Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. Edition I.N.R.A, Paris. 257p.
- Battaz S., 2009.** Etude comparative de la dégradation d'une terre polluée par les hydrocarbures lourds. Mémoire présenté à la faculté des sciences. Département des sciences fondamentales pour l'obtention de diplôme de Magister. Université 20 Août 1955 de Skikda 122p.
- Blanchi M., Marthy D., Bertrand JC., Caumette P., Gauthier M., 1989.** Les microorganismes du domaine océanique. Edit. Masson. 447p.
- Ben Hassaine R., 1980.** Recherche sur les modèles du relief et des formations superficielles dans la vallée de l'oued Sébaou (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de Doctorat. UMMTO. 194p.
- Benyahia N. et Mahdaoui K., 2012.** La pollution des sols par les hydrocarbures. Thèse d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université Abderahman Mira. Bejaia. 62p.
- Bergue J-M., 1986.** La pollution des sols par les hydrocarbures. Bull, liaison Labo P.et Ch. Réf 3141 : 56-66.
- Calvet R., 2003.** Le sol propriétés et fonctions. Tome 1. Paris : France agricole, 396p.
- Chainau C-H., Morel JL., Oudot J., 1996.** Land treatment of oil-Based drill cuttings in an agricultural soil .Journal of environment. Qual . Vol 25 : 858-86.
- Chantigny M. et Angers D., 2005.** Activité microbiologique et qualité des sols : quoi de neuf sous nos pieds. édition CRAAQ : 2-10.
- Chikhaoui D. et Hettak L., 2019.** Effets des hydrocarbures sur les propriétés physiques et les propriétés chimiques et microbiologiques du sol de la station-service de Fréha. Mémoire de master. UMMTO.46p.
- Chiou C. et Shoup T., 1985.** Soil Sorption of Organic Vapors & Effects of Humidity on Sorptive Mechanism & Capacity. Env. Sci. Technol. Vol. 18: 4-10.
- Colin F., 2000.** Pollution localisées des sols et sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC et DOC .417p.

Références bibliographiques

- Dajoz R., 2000.** Insects and forests. The role and diversity of insects in forest environment. Paris, Intercept Ltd/Edition Technique et Documentation / Lavoisier Publishing, 668 p.
- Dazy M., Béraud E., Cotelle S., Grévillet F., Férard J-F., Masfaraud J-F. 2009.** Changes in plant communities along soil pollution gradients: responses of leaf antioxidant enzyme activities and phytochelatin. *Chemosphere*: 376-383.
- Degranges P., Gugalski T., Leleu M., Greffard J., 1977.** Devenir des hydrocarbures dans le sol. Rapport du BRGM.77 SGN 114 MGA. 31p.
- Duchaufour P., 1991.** Pédologie sol, végétation et environnement .Ed Masson. Paris. 289p.
- Eckford R., Cook F. D., Saul. D., Aislabie. J and Fogh. J.T, 2002.** Free-Living Heterotrophic Nitrogen-Fixing Bacteria Isolated from Fuel-Contaminated Antarctic Soils, *Applied and environmental microbiology*: 5181–5185.
- Edlor A., 2007.** Soil microbiology. Ecology and Biochemistry. Academic Press; 3rd edition. 552p.
- Faccendini J-P., 1995.** Caractérisation d'une pollution des sols granulaires par des hydrocarbures issus de la pyrolyse de la houille .Thèse doctorat. Ecole nationale des ponts et chaussées. Paris : 77-81.
- Fadel D., Dellal A., Badouna B E., 2017.** Conséquences de la pollution accidentelle par le pétrole brut sur certaines caractéristiques physico-chimiques et biologiques d'un agro-écosystème dans la région de Constantine. Université Mohamed Chérif Messaadia - Souk-Ahras – Algérie.79p.
- Fattal P., 2008.** Pollution des cotes par les hydrocarbures. Presse universitaire de Rennes. 498p.
- Fent K., 2004.** Ecotoxicological effects at contaminated sites. *Toxicology*, 205: 223–240p.
- Franennec J-P. ; Leprince P. ; Trembouse P. ; Favennec J-P.,1998.** Le raffinage de pétrole: pétrole brute- produits pétroliers-schéma de fabrication. Edition Technip. Tome 1. 510p.
- Gagnard G., Huguet C., Ryser J-P., 1988.** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation. Le contrôle de la qualité des fruits. Secrétariat général OIL/SROP.83 p.
- Girard M., Walter C., Rémy J. C., Berthelin J., Morel J-L., 2005.** Sols et Environnement. Paris Ed .Dunod. 804p.
- Gobat J.M., Aragono M. et Mathey W., 2003.** Le sol vivant Ed. LAUSANNE. 569p.
- Gobat J. M., Aragno M., Matthey W., 2010.** Le sol vivant : bases de pédologie Biologie des sols (éd. 3e). Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 820p.

Références bibliographiques

Godwin U., Akpan, Bassey T., Udoh., 2013. Evaluation of some properties of soils affected by diesel oil pollution in uyo, Niger Delta area, Nigeria. Journal of biology, agriculture and healthcare: 33-43.

Guy A., 1978. Méthodes d'analyses des sols. Edition CRDP MARSEILLE. 191p.

Harnois Luc., 2001. Géochimie des milieux sédimentaires. Edition Coop. Uqan. 123p.

Hassaine A., 2016. Biodégradation des Hydrocarbures (Pétrole brut et Kérosène) par la Microflore Microbienne des Eaux de la région de Skikda. Thèse de doctorat. Université Badji-mokhtar Annaba. 151p.

Hlavackova P., 2005. Evaluation du comportement du cuivre et du zinc dans une matrice de type sol à l'aide de différentes méthodologies. Thèse de Doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 207p.

Jouannin F., 2004. Etude de la mobilité des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) contenus dans un sol industriel pollué. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 152p.

Juc. D, Duca. G, Carré. J, Blanchard. J.M., Andries. S., 1997. Etude de la pollution des sols Moldaves par les hydrocarbures. Prélèvement, extraction et analyse du sol du dépôt d'huile d'Orhei. Université de l'état de Moldavie : 20-22p.

Khimeche F. et Oudai S., 2019. Effet des hydrocarbures sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des stations-services de Yakouren et Ouadhia. Mémoire de Master, UMMTO. 46p.

Koller E., 2004. Traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchets, sols, boues). Edition DUNOD, Paris. 424p.

Lamiri. F et Nezloui H., 2017. Etude de l'influence de la pollution aux hydrocarbures sur quelques propriétés physiques et chimiques du sol ; cas de la station-service de Fréha. Mémoire de Master. UMMTO. 34p.

Lemière B., Seguin J-J., Le Guern C., Guyonnet D., Baranger P., Darmendrail D., Conil P., 2001. Guide sur le comportement des polluant dans les sols et les nappes. Applications dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau. BRGM/RP-50662-FR. 103p.

Lemière B., Seguin J., Le Guern C., Guyonnet D., Baranger P., Saada A., Colombano S., 2008. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes. BRGM. 103p.

Mathieu C. et Pieltain F., 1998. Analyse physique des sols. Paris : Tec&Doc. 292p.

Mathieu C. et Pieltain F., 2003. Analyse chimique des sols. Paris : Tec&Doc. 265p.

Références bibliographiques

- Mesrouk A., 1984.** Caractéristiques et genèse des sols de la région de Tizi-Ouzou, (Grande Kabylie, Algérie). Thèse de Doctorat. UMMTO. 173p.
- Mettauer H., Bouslah H., Guillet B., Bruckert S., 1987.** Dégradation et transformation d'un compost pétrolier apporté à des sols battants et effets sur leurs propriétés physiques. CNRD vandoeuvre-les-nancy : 391-399p.
- Moral R., Cortes A., Gomez I & Mataix-Beneyto J., 2002.** Assessing changes in Cd phytoavailability to tomato in amended calcareous soils. *Bioresource Technology*. Vol. 85, n° 1: 63-68.
- Mutin G., 1977.** La Mitidja, décolonisation et aspect géographique. Ed. Office Presse Universitaire, Alger. 606 p.
- Nemmer W., 2015.** Etudes pédologique et floristique de différents sols selon un gradient de pollution. Mémoire de magistère. UMMTO. 95p.
- OMS., 2000.** Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbon. International programme on chemical safety. 237p.
- Perronet K., 2017.** Sols pollués et Eco-toxicologie, INERIS. Direction des Risques Chroniques, Unité Impact Sanitaire et Expositions : 4-47.
- Picot A., Montandon F., 2013.** Eco-toxicochimie appliquée aux hydrocarbures. Edition TEC et DOC, Lavoisier. 668p.
- Pranudda P., 2014.** Etude du comportement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) lors du déversement accidentel d'hydrocarbures en eaux continentales. Thèse de doctorat en sciences des agro-ressources. Université de TOULOUSE .183p.
- Ramade F., 1992.** Précis d'écotoxicologie. Edition Masson, Paris. 300p.
- Redlich G-C et Verdure., 1975.** Le Comportement Physique Des Tourbes En Cours De Culture PHM. *Revue Horticole*.160 : 13-20.
- Rhbal H., Souabi S., Safi M., Arad M., Anouzla A., 2010.** Hydrocarbons diagnostic of polluted soils. *Chemistry & chemical engineering, biotechnology, food industry*. 449-458.
- Rouquerol T., Amir H., Amir A., 1987.** Effet de l'épandage de résidu pétrolier de raffinerie sur l'évolution de la matière organique. L'activité de densité microbienne d'un sol agricole, *Revue d'écologie et de biologie du sol*.156p.
- Saad D. et Dendani T., 2017.** Les effets des hydrocarbures sur quelques propriétés chimiques et biologiques du sol cas de station-service de Fréha. Mémoire master. UMMTO.43p.
- Saada A., Nowak C., Coquereau N., 2005.** Etat de connaissance sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures. BRGM. 95p.

Références bibliographiques

Saadoun I. et Al-Ghazawi Z., 2010. Toxicity of Diesel Fuel Towards Plant Seeds as Reflected by Seed Germination Outcomes, Sprout Length and Fresh Weight. Jordan University of Science and Technology, Irbid - 22110, Jordan. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 8 (2): 167-172.

Sahnoun R., 2014. Analyse et Caractérisation physico-chimique des sols d'entreposage de la station de Pétrole (Bejaia). Mémoire de master mine et géologie. Université Abderahman Mira Bejaia. 57p.

Sharma H. et Reddy K., 2004. Géoenvironnemental engineering site remediation, waste contaminant and emerging waste technologies. John Wiley & sons, Inc., New Jersey. 20p.

Soltani M., 2004. Distribution lipidique et voies de décontamination métabolique chez quatre bactéries Gram négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone. Thèse de doctorat Paris. 284p.

Spencer P. S., Kim M. S., Sabri M. I., 2002. Aromatic as well as aliphatic hydrocarbon solvent axonopathy. *Int. Hyg. Environ. Health.* 205: 131-136.

Résumé

La présente étude est une synthèse de différents travaux réalisés dans le laboratoire « Pathologie des écosystèmes » concernant l'effet des hydrocarbures sur les propriétés physiques et chimiques des sols provenant de différentes stations-services de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Les paramètres étudiés sont le pH, l'humidité, la perméabilité, le calcaire total, le carbone organique, le taux d'azote, le rapport C/N, la conductivité électrique, les sels solubles (les carbonates, les bicarbonates et les chlorures) et la température.

Les résultats obtenus ont montré que les hydrocarbures ont un effet non négligeable sur les propriétés physico-chimiques du sol et un rôle important dans la modification des paramètres du sol qui est marquée par la diminution de certains paramètres (pH et CT) et l'augmentation d'autres (l'humidité, T° et les sels solubles).

Mots clés : pollution, sol, hydrocarbures, pH, humidité, calcaire total, carbone organique

Abstract

This study is a review of various works carried out in the "Ecosystem Pathology" laboratory on the effect of hydrocarbons on the physical and chemical properties of soils from various filling stations in the wilaya of Tizi-Ouzou.

The parameters studied are pH, moisture, permeability, total limestone, organic carbon, nitrogen rate, C / N ratio, electrical conductivity, soluble salts (carbonates, bicarbonates and chlorides) and temperature.

The results obtained showed that hydrocarbons have an effect on the physico-chemical properties of the soil and an important role in the modification of soil parameters which is marked by the decrease of some of them (pH, CT) and the increase of others (moisture, T ° and soluble salts).

Keywords: soil pollution, hydrocarbons, pH, moisture, total limestone, organic carbon